LIBRARY
FISH & WILDLIFE SERVICE
PACIFIC OCEANIC FISHERY
INVESTIGATIONS
NOV 6 - 1952

Núm. 50 25 de abril de 1952

BOLETIN

DEL

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFIA

Velocidad vertical de propagación del sonido en el Mar de Alborán. Aplicación a la corrección de eco-sondas

por

EDMUNDO SECO SERRANO

MINISTERIO DE MARINA

MADRID

NUMEROS PUBLICADOS

11.—José M.ª Navaz: «Estudio de la Ría de Pasajes en relación con su producción de moluscos comestibles (Con una carta bionómica)».

12.—Antonio Fernández del Riego: «Iniciación al estudio de la variación estacional del valor alimenticio de la sardina (*Sardina pilchardus* Walb.)».

13.—M.ª Jesús del Val y M.ª Dolores García Pineda: «Ensayos de algas marinas industriales».

14.—Francisco Poggio y María Martín Retortillo: «Espectro de absorción de los aceites de oliva en la zona ultravioleta».

15.—Miguel Oliver: «Contribución al estudio de la biometría y biología de la faneca, *Gadus luscus* (L.)».

16.—Juan Antonio Samalea: «Exploración del Banco del Xauen, accidente topográfico descubierto frente al Peñón de Vélez de la Gomera».

17.—Emma Bardán, F. de P. Navarro y O. Rodríguez: «Nuevos datos sobre la sardina del Mar de Alborán (agosto de 1948 a marzo de 1949)».

18.—Campañas del «Xauen» en 1947 y 1948 en el Mar de Alborán y en el Estrecho de Gibraltar.—Registro de operaciones.

19.—Luis Bellón y Emma Bardán de Bellón: «Algunos datos sobre los *Thunnidae* de Canarias».

20.—José Amengual-Ferragut: «Ensayo de sistemática biocenótica aplicada al estudio de los yacimientos de moluscos, con un estudio inicial de los yacimientos de la ría de Noya».

21.—M.ª Luisa González Sabariegos: «Introducción al estudio de la transparencia del agua del mar».

22.—Buenaventura Andreu: «Sobre la presencia de dos cercarias en el ovario de almeja (*Tapes aureus* Gmelin) de la bahía de Santander».

23.—Campañas del «Malaspina» en 1947 y 1948 en aguas del Sáhara, desde Cabo Juby a Punta Durnford.—Registro de operaciones.

24.—Emilio Anadón: «Sobre la sustitución alternativa en el litoral gallego de los llamados peces emigrantes (sardina, espadín, anchoa y jurel)».

25.—E. Jimeno, S. Medina-Castellanos y J. Aravio-Torre: «Contribución al estudio de las pinturas submarinas para barcos de acero. II. Estudio de la protección activa de los pigmentos».

26.—M. Oliver: «Estudios sobre el Espadín (*Clupea sprattus* L.) de la costa noroeste de España».

27.—Josefa Sanz-Echeverría: «Notas sobre otolitos de peces procedentes de las costas del Sáhara. Segunda parte».

28.—Guillermo Colom: «Exploración oceanográfica del Africa Occidental. Estudio de los Foraminíferos de muestras de fondo recogidas entre los Cabos Juby y Bojador».

(Sigue en tercera página de la cubierta.)

Boletín del Instituto Español de Oceanografía

Número 50 25 de abril de 1952

VELOCIDAD VERTICAL DE PROPAGACION DEL SONIDO EN EL MAR DE ALBORAN. APLICACION A LA CORRECCION DE ECO-SONDAS

por

EDMUNDO SECO SERRANO

En el año 1948 se constituyó en Oslo el «International Committee of Nomenclature of Ocean Bottom Features», que elevó en agosto de 1951 a la Asamblea una serie de recomendaciones, entre las que destaca la correspondiente al punto 4.°, sobre la necesidad de proseguir el estudio de la corrección que debe aplicarse a las sondas de eco por la variación de la velocidad de propagación del sonido.

El Instituto Español de Oceanografía pretende realizar dicho estudio en las distintas áreas que constituyen los mares de España. De acuerdo con ello, y teniendo en cuenta la gran cantidad de datos de que dispone en la región del mar de Alborán comprendida entre los meridianos de 2.° y 5.° 10-W., obtenidos en las campañas realizadas desde el año 1947 al 1951, ambos inclusive, en verano e invierno, comienza el estudio correspondiente a dicha zona.

VELOCIDAD DE PROPAGACION DEL SONIDO EN EL MAR

La velocidad del sonido en el mar se obtiene mediante la fórmula dada por Laplace para la propagación en un flúido perfecto:

$$V = \sqrt{\frac{\alpha_{stp} \cdot \gamma}{\varkappa}} \qquad [1]$$

En esta expresión figuran las siguientes magnitudes:

1) α_{stp} es el volumen específico de un agua de salinidad S por 1.000, temperatura t y presión p.

Su valor se obtiene mediante la fórmula

$$\alpha_{stp} = \alpha_{sto}\,(1 - \mu p) \qquad [II]$$

en que p es la presión en decíbares (*).

α_{sto} es el volumen específico a la presión atmosférica y se obtiene directamente mediante las tablas de Martín KNUDSEN (1) en función de la clorinidad y la temperatura.

μ es la comprensibilidad media por decibar entre las presiones 0 y p. Utilizando los datos obtenidos por Amagat para la comprensibilidad del agua destilada, V. W. EKMAN (2) obtuvo una función $\mu = F(p, s, t)$ [III] que la determina.

2) χ es la comprensibilidad real $-\dfrac{1}{\alpha_{stp}}\dfrac{\partial \alpha_{stp}}{\partial p}$ y queda determinada por la expresión [II].

3) γ es la relación de calores específicos a presión y volumen constantes:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

y no ha sido determinada enpíricamente, pero termodinámicamente resulta ser

$$\gamma = \left[\frac{\partial \alpha_{stp}}{\partial p} + \frac{T}{J\,C_p}\left(\frac{\partial \alpha_{stp}}{\partial t}\right)^2\right]^{-1} \frac{\partial \alpha_{stp}}{\partial p}$$

donde J es el equivalente mecánico de la caloría, quedando, pues, por determinar el valor de C_p, función de la temperatura, salinidad y presión. El calor específico del agua de mar a la temperatura de 17,5° y presión atmosférica ha sido calculado por KRUMMEL (3), de acuerdo con las medidas realizadas por THOULET y CHEVALLIER. La relación entre C_p y la temperatura ha sido determinada sólo para el agua destilada. Resulta por esto necesaria, si se quiere mejorar el valor de la velocidad del sonido obtenido indirectamente mediante la expresión [I], la determinación empírica del calor específico a presión constante para distintas temperaturas. Finalmente, la variación de C_p con la presión se obtiene mediante la fórmula termodinámica

$$\frac{\partial C_p}{\partial p} = -\,10^{-5}\,\frac{T}{J}\,\frac{\partial^2 \alpha_{stp}}{\partial t^2}$$

(*) 1 decibar = 10^5 barias $\simeq$ 1/10 de atmósfera $\simeq$ 1 metro de agua.

Resumiendo: La precisión en el cálculo de la velocidad depende de la de las tablas de Martín KNUDSEN y la fórmula [III] de EKMAN, siendo necesaria para mejorarla la determinación empírica de C_p en función de la temperatura.

TABLAS

El doctor A. SCHUMACHER (4) obtuvo unas tablas de velocidades basadas en las tablas de densidad de BJERKNES. De acuerdo con estos resultados, el doctor MAURER (5) estableció una fórmula empírica, no muy precisa, a causa del escaso número de cifras significativas que para el volumen especifico se puede obtener de las tablas de BJERKNES y de la suposición equivocada de que la propagación del sonido se efectúa isotérmicamente.

De una manera sistemática, por primera vez, N. H. HECK y J. H. SERVICE (6) realizaron el cálculo de la velocidad introduciendo, además, con ciertas prevenciones una corrección, teniendo en cuenta que la propagación de las ondas sonoras debe considerarse como adiabática. Sin embargo, utilizaron en sus cálculos las tablas de BJERKNES. Contiene el trabajo abundante bibliografía.

Las tablas del Almirantazgo británico (7) adoptan la fórmula de propagación adiabática y emplean por primera vez los valores de la compresibilidad obtenidos por EKMAN, considerando, además, la variaciones, con la salinidad y temperatura a distintas presiones del calor específico a presión constante. Las velocidades para la presión $p = 0$ han sido calculadas mediante la fórmula [I], determinando las constantes físicas que en ella intervienen de la siguiente manera: la temperatura, de grado en grado desde 2°C a 5°C, y de ésta hasta los 30°C de cinco en cinco grados, y el valor de σ_0 (*) en intervalos de cinco unidades. Para valores intermedios se interpola mediante la fórmula de NEWTON. Mediante la 3.ª de estas tablas se obtiene la velocidad bajo la presión atmosférica para una salinidad S = 35 por 1.000 en función de la temperatura t, de décima en décima de grado; la tabla 4.ª da la corrección debida al efecto conjunto de la salinidad y la temperatura; la tabla 5.ª da la correccción debida a la presión (a 45° de latitud y 34,85 por 1.000 de salinidad) en

(*) Forma contraída en que la densidad ρ_0 a la presión atmosférica y a 0°C figura en las tablas ya citadas de M. Knudsen. Su expresión es $\sigma_0 = (\rho_0 - 1)\ 10^3$.

función de la temperatura, y la tabla 6.ª, que corrige las variaciones de presión debidas a las de gravedad, es decir, de la variación en latitud.

Susumu KUWAHARA (8), para confirmar las velocidades obtenidas en las tablas británicas, realiza el cálculo utilizando el desarrollo de TAYLOR de la expresión [I] puesta en la forma

$$V = \alpha_{stp}\left[-\frac{\partial \alpha_{stp}}{\partial p} - \frac{T}{J C_p}\left(\frac{\partial \alpha_{stp}}{\partial p}\right)^2\right]^{-\frac{1}{2}}$$

calculando los coeficientes de las derivadas necesarias, desarrollando la velocidad en serie de potencias de las tres variables: salinidad, temperatura y presión, a partir de tres estados que refiere finalmente al normal de S = 35 por 1.000, t = 0°C y p = 0. Considera en sus cálculos las variaciones debidas al efecto conjunto de salinidad y presión que no tienen en cuenta las tablas inglesas. De estas tablas la 1.ª, da la velocidad del sonido en un agua de salinidad 35 por 1.000 y temperaturas 0°C a distintas presiones; la tabla 2.ª da la corrección de temperatura; la tabla 3.ª corrige la salinidad; la tabla 4.ª tiene en cuenta las variaciones conjuntas de salinidad, temperatura y presión; la tabla 5.ª permite referir la velocidad a profundidad en vez de a presión (para 35° de latitud, S = 35 por 1.000 y t = 0°C), y la tabla 6.ª corrige de gravedad.

METODOS Y MATERIALES UTILIZADOS

Hemos adoptado las tablas de Susumu KUWAHARA, que para la relativamente escasa profundidad de la zona que estudiamos, coinciden con las británicas. Dada la latitud de la región (en torno a 36° N) no se utiliza la tabla 6.ª. Con las tablas 2.ª, 3.ª y 4.ª construímos un ábaco tomando como parámetro la temperatura, y como abscisa la salinidad S por 1.000, obteniendo en ordenadas la velocidad de propagación del sonido en superficie. Con las tablas 1.ª y 5.ª realizamos otro ábaco que nos da lo corrección debida a la profundidad. Con ello determinamos cómodamente la velocidad *in situ* para el campo de valores de las variables S y t correspondientes al mar de Alborán. El primer ábaco pone de manifiesto que la salinidad y la temperatura influyen en el valor de la velocidad en distinta proporción. Por término me-

dio aproximadamente y por grado $\left(\frac{\overline{\Delta V}}{\Delta t}\right)_{s,p} \simeq 3{,}0$ m/seg; por 1 por 100 de salinidad $\left(\frac{\overline{\Delta V}}{\Delta s}\right)_{t,p} \simeq 1{,}0$ m/seg.

Para los valores extremos de salinidad y temperatura encontrados en el mar de Alborán, las variaciones máximas de velocidad no llegan debido a la salinidad a los 3 m/seg, y por causa de la temperatura a 33 m/seg.

Existe proporcionalidad entre la profundidad y el incremento de velocidad a ella debido (sin tener en cuenta los restantes factores océanográficos), resultando ser de 1,8 m/seg por cada 100 m $\simeq$ 10 atmósferas.

Como datos físicos de la región en estudio se han utilizado los obtenidos en unas doscientas estaciones, algunos publicados ya (9), y otros, la mayoría, inéditos. Las estaciones están distribuídas en perfiles según meridianos, repetidos varias veces en verano e invierno y representados por las letras H (aproximadamente los 2.° de long. W de Gr.), G (aprox. 2.° 30′ W), A (aprox. 3.° W), B (aprox. 3.° 30′ W), C (aprox. 4.° W), D (aprox. 4.° 30′ W) y E (aprox. 5.° 10′ W). En verano los perfiles E y D se corrieron unas millas hacia Oriente.

En las estaciones citadas no se obtuvieron datos por debajo de los 1.000 metros de profundidad, y a fin de conocer la estructura termohalina hasta los 2.500 metros para obtener las correcciones correspondientes, consultamos los datos recopilados en la campaña del «Thor» (10) en estaciones realizadas en torno al meridiano de 2.°, que nos inducen a considerar como prácticamente constante la estructura termohalina desde los 1.000 a los 2.500 metros, constancia que se manifiesta desde una profundidad aproximada de 300 metros en las estaciones del «Xauen» y que corresponde a una temperatura y una salinidad que difieren poco de los 13°C y 38,40 por 1.000.

Las velocidades *in situ* fueron calculadas, como ya se indicó, mediante los ábacos construídos de acuerdo con las tables de S. Kuwahara. Dibujada la curva $V = F(z)$, que da la velocidad en función de la profundidad, se integró mecánicamente hasta distintas profundidades «standard» para determinar la velocidad media del sonido desde la superficie a dichas profundidades.

Todos los dispositivos utilizados en los eco-sondadores corrientes para la medida y registro del tiempo que invierte el impulso o corto

tren de ondas emitido en recorrer una distancia doble a la profundidad buscada, se fundan en la determinación del arco descrito por un punto que gira con velocidad uniforme y conocida desde el instante de emisión al de recepción. En lugar de escala de tiempos se lee directamente la profundidad buscada a partir de la velocidad de propagación V_c—constante del aparato—supuesta por el constructor. Nosotros hemos tenido en cuenta las velocidades de 1.464 m/seg y 1.500 m/seg (constantes de los eco-sondadores utilizados por los Institutos Hidrográfico y Oceanográfico españoles), así como la de 1.463 m/seg incluída en las tablas británicas.

La corrección a aplicar a la profundidad z leída en el eco-sondador es entonces

$$C = \frac{\overline{V}_z - V_c}{V_c} \cdot Z \qquad [IV]$$

ya que si llamamos V a la velocidad real del sonido en una capa de espesor dh, el tiempo invertido por la onda en atravesarla (ida y vuelta), será

$$dt = \frac{2\,dh}{V}$$

y, en este mismo tiempo, el indicador del sondador habrá descrito un ángulo $d\varphi = \frac{dz}{R}$ (siendo dz el arco correspondiente al ángulo $d\varphi$)

Si V_c es la velocidad a que esté ajustado el sondador, la velocidad angular del indicador será

$$\omega = \frac{1}{2}\frac{V_c}{R} = \frac{d\varphi}{dt}$$

verificándose

$$\frac{dh}{V} = \frac{dz}{V_c}$$

o sea,

$$\frac{V - V_c}{V_c} = \frac{dh - dz}{dz}$$

e integrando

$$C = h - z = \frac{\overline{V}_z - V_c}{V_c}\, z \text{ en que } \overline{V}_z = \frac{1}{z}\int_0^z V \cdot dz$$

ESTRUCTURA TERMOHALINA DEL MAR DE ALBORAN Y CONSECUENCIAS INMEDIATAS

INVIERNO

Del estudio de la estructura termohalina del mar de Alborán se deduce que, en general, desde una profundidad de unos 250 a 300 metros hasta el fondo (lo que llamaremos *zona inferior*), la estructura térmica y halina es prácticamente constante, no existiendo por ello en esta zona sobre la velocidad del sonido más influencia que la debida a la variación de presión, o sea, la velocidad varía linealmente con la profundidad. En la zona comprendida entre los 75 y 250 metros aproximadamente, que llamaremos *zona media*, los cambios fundamentales se deben a la distribución de masas de agua de origen atlántico o mediterráneo, según sea la situación geográfica. Tal distribución es cuasi-estacionaria, esto es, con condiciones físicas poco variables con el tiempo. Finalmente, la zona comprendida entre los 0 y 75 metros (*zona superficial*) de agua homogénea atlántica en toda la región, puede sufrir posibles perturbaciones de origen casual (acción del viento, etc.).

Elijamos para nuestro estudio, por ejemplo, el perfil C de invierno (realizado el año 1948). Se observan en él dos tipos de curvas de distribución de temperatura (o salinidad) con la profundidad, representados en la figura 1 por las correspondientes a las estaciones 5 y 8, y que llamaremos tipos I y II, respectivamente.

El tipo I está caracterizado por una mayor salinidad y menor temperatura en su zona media, lo que habida cuenta de que la temperatura influye aproximadamente tres veces más que la salinidad en la velocidad de propagación, corresponde a un medio en que el sonido se transmite con más lentitud. Posee un gradiente de temperatura (y salinidad) desde la superficie hasta la zona inferior, cuyo límite se encuentra un poco más abajo de los 150 metros. La masa de agua que constituye la zona media de este tipo I convendremos, para este trabajo, llamarla mediterránea, y las estaciones que forman parte de él están localizadas por encima del paralelo de 36°.

El tipo II posee una zona media de menor salinidad y mayor temperatura, correspondiente a una masa de agua de origen atlántico.

Los gradientes de salinidad y temperatura son casi nulos hasta una profundidad de unos 150 metros, en que se inicia un fuerte gradiente hasta el límite de la zona inferior, localizado a más profundidad que en el tipo anterior. Como la zona superficial es de agua homogénea

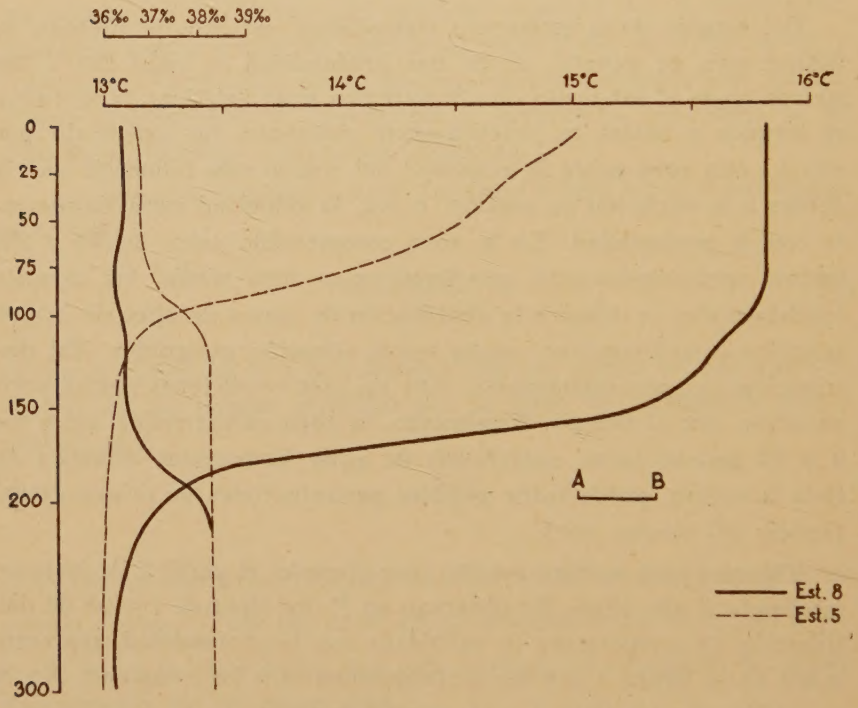

Fig. 1.—Tipos de curvas de distribución de temperatura y salinidad con la profundidad, correspondientes al perfil C de enero de 1948. Se han adoptado para la salinidad y temperatura escalas proporcionales a la influencia de dichas magnitudes sobre la velocidad de propagación de las ondas sonoras, indicándose el segmento de abscisa AB que provoca una variación de 1 m/seg.

atlántica en toda el área del mar de Alborán, se deduce un hundimiento de la característica atlántica hasta los 150 metros, lo que contribuye a que en este tipo de estaciones el sonido se propague con mayor rapidez. Todas las estaciones que forman este tipo II se encuentran situadas debajo del paralelo de 36°.

A los dos tipos de estaciones indicados corresponden correlativamente otros dos de curvas de distribución de velocidad con la pro-

fundidad. Estas curvas están representadas para la totalidad de las estaciones que constituyen el perfil C en la figura 2, cuya observación pone de manifiesto que podemos distribuirlas de la siguiente forma:

Tipo I, constituido por las estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6, situadas todas ellas por encima del paralelo de 36°. El mínimo de velocidad que

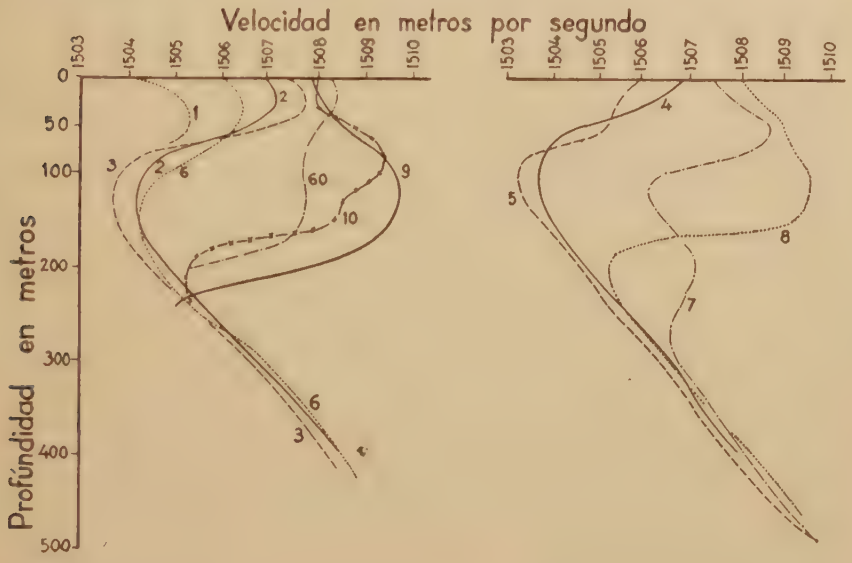

Fig. 2.—Distribución de velocidades *in situ* de propagación del sonido correspondientes a las estaciones del perfil C de enero de 1948. La estación 60 pertenece al perfil de febrero de 1948 y su situación geográfica es idéntica a la de la estación 6, acusando sin embargo una mayor característica atlántica que ésta.

aparece en ellas a unos 100 ó 125 metros de profundidad se debe a la ya indicada existencia desde la superficie de un gradiente de temperatura, lo que influye más que la presión en la velocidad hasta una profundidad, a partir de la cual un menor valor del gradiente provoca un efecto preponderante de la presión sobre la velocidad, apareciendo en la zona inferior (gradiente nulo) una marcha lineal de la velocidad con pendiente casi constante e igual a 1,8 m/seg por cada 100 metros, como ya se dijo.

Tipo II, constituido por las curvas 8, 9 y 10. Está localizado entre el paralelo de 35° 50′, aproximadamente, y la costa de Africa. El máximo de velocidad que aparece en su zona media está justificado por la existencia del gradiente nulo de temperatura (y salinidad) hasta cer-

ca de los 150 metros, con lo que la influencia de la presión se hace notar desde la superficie con el aumento de velocidad, y el fuerte gradiente que aparece después provoca la rápida caída de velocidad influyendo en la zona inferior, como en el caso anterior, sólo la presión, siguiendo ya casi juntas las curvas de velocidad de los dos tipos.

La estación 7, como indica su curva representativa, corresponde a un tipo intermedio.

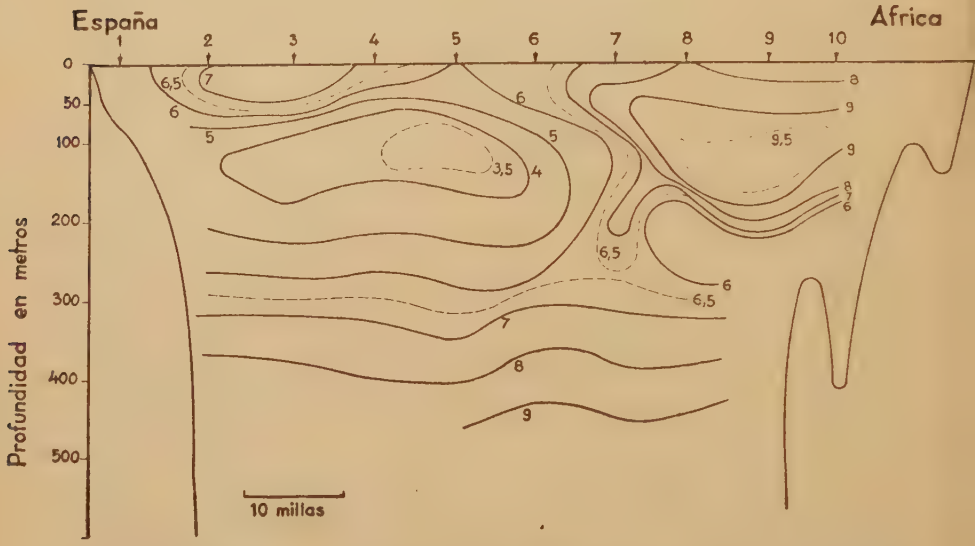

Fig. 3.—Distribución de la velocidad de propagación del sonido en el perfil C (enero de 1948). Al numero asignado a cada curva dibujada en la figura, hay que sumarle 1.500 para obtener en metros por segundo la correspondiente velocidad *in situ* de propagación del sonido.

Todo lo expuesto se pone de manera más clara y completa de manifiesto en la figura 3, que representa la distribución de la velocidad del sonido en todo el perfil C. Obsérvese que la velocidad del sonido a un mismo nivel puede servir como factor oceanográfico, ya que depende de la salinidad y temperatura S, para caracterizar las distintas masas de agua.

Estos dos tipos de curvas de velocidad aparecen también en los perfiles E, D y B, y como en el perfil C, están separados por el paralelo de 36°. Ello se traduce al realizar los cálculos dinámicos de velocidades por el método de Bjerknes en la existencia de un remolino anticiclónico de agua de procedencia atlántica que, por ejemplo, a

25 decíbars de profundidad está limitado (en enero de 1948) por la línea punteada incluída en figura 7.

Al estudiar los perfiles A, G y H, nos encontramos con que las curvas de velocidad correspondientes a las estaciones situadas bajo el

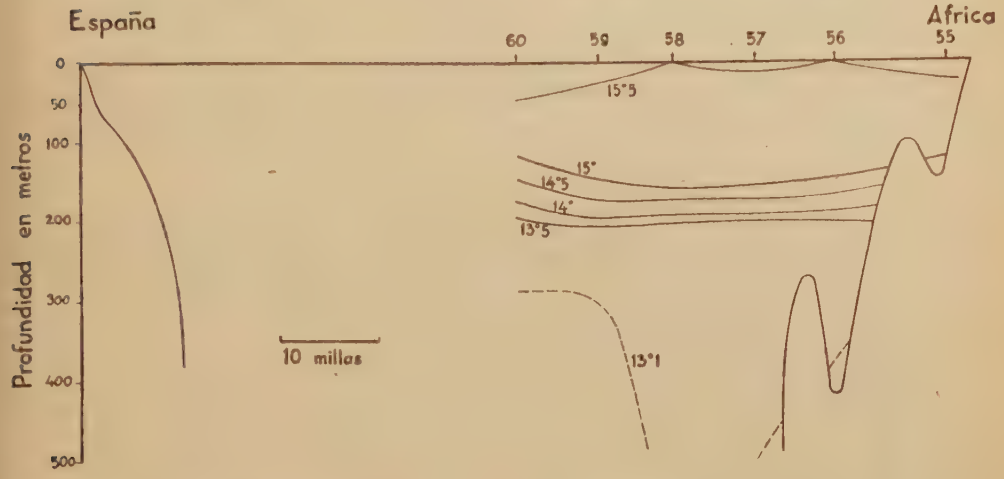

Fig. 4.—Distribución de temperatura con la profundidad en el perfil C de enero de 1948.

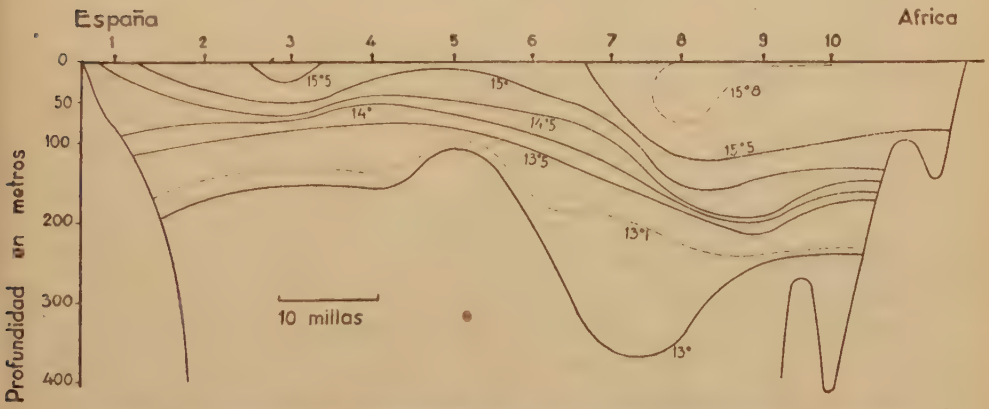

Fig. 5.—Distribución de temperatura con la profundidad en el perfil C de febrero de 1948.

paralelo de 36°, y en especial las más próximas a la costa de Marruecos, tienen una distribución en su zona media comprendida entre las de los tipos I y II, como corresponde a un agua de mezcla. Como era

de esperar, las curvas de velocidad de las estaciones situadas al norte del paralelo de 36° manifiestan en su zona media un carácter mediterráneo más acentuado que las del tipo I. No obstante, la diferencia de velocidades *in situ* en estos perfiles a un mismo nivel dentro de la zona media es, aproximadamente, la mitad que la que se obtiene en los perfiles E, D, C y B.

En consecuencia, después de esta reseña de la estructura termohalína en invierno, se puede adelantar la existencia en el mar de Alborán de dos zonas de corrección, por lo menos cualitativamente: la

Fig. 6.—Distribución de velocidades *in situ* con la profundidad en las estaciones del perfil E de julio de 1951.

zona del remolino y el resto de la región. El límite de estas dos zonas de corrección aparece variable, aun dentro de una misma estación del año, como puede comprobarse por la simple observación de las figuras 4 y 5, que representan, respectivamente, la distribución de temperatura en enero y febrero de 1948, en el perfil C. Se ve inmediatamente en la figura 5 un corrimiento hacia el norte del remolino atlántico, caracterizado en ella por la región homoterma que parte de la superficie. Esto obliga a delimitar las dos zonas de corrección geográficamente, adoptando como límites el paralelo de 36° y el meridiano de 3° 10′ W.

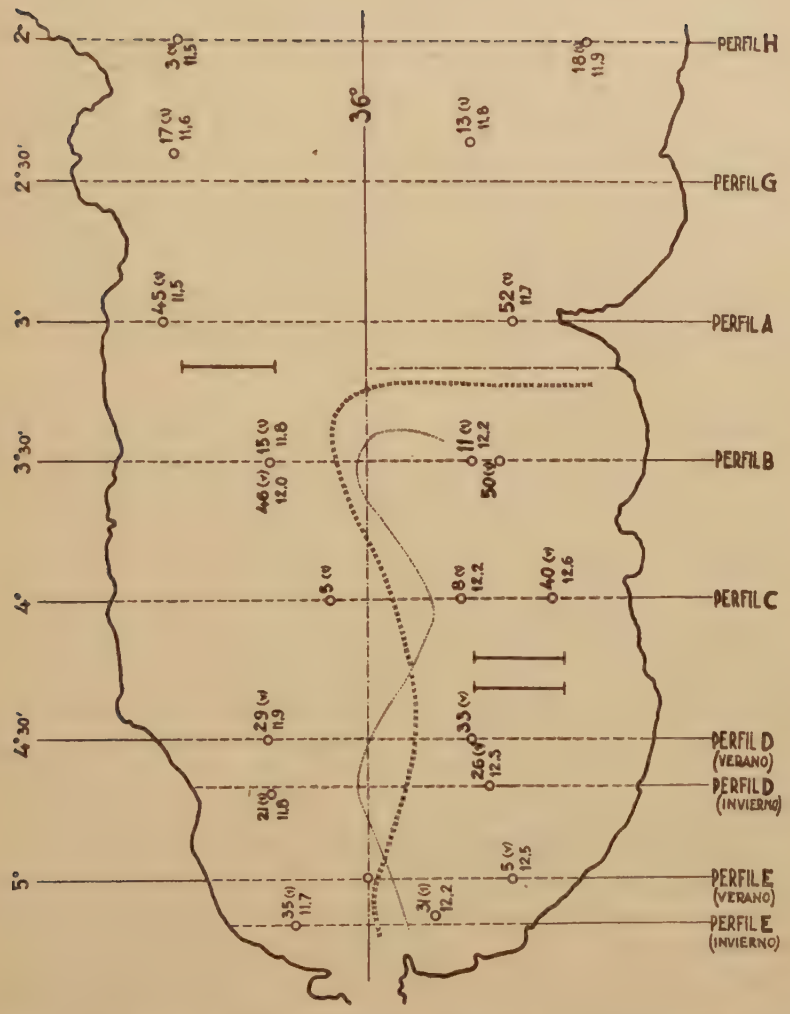

Fig. 7.—Carta de los perfiles y estaciones utilizados en el trabajo. Las estaciones, marcadas con un circulito, llevan el número de orden correspondiente y la indicación de invierno o verano entre paréntesis (i) (v), dándose también para cada estación la corrección (para $V_0 = 1464$ m/seg.) a 400 metros de profundidad.

VERANO

Sólo se han podido trabajar los perfiles E, D, C y B, ya que no disponíamos de datos referentes a los restantes. La figura 6, que representa las curvas de distribución de velocidad con la profundidad en el perfil E (julio de 1951), pone de manifiesto al compararlas con las de invierno de perfil C, que la zona superficial, como era lógico suponer, posee temperaturas mucho más elevadas, notándose también algo esta influencia de la época del año en la zona media, pero manteniéndose en ella los dos tipos de estaciones (4, 5, 6 por un lado; 8, 9, 10, 11 por otro, y la 7 intermedia). La zona inferior (no representada en la figura) tiene una distribución idéntica a la de invierno. Cabe, por tanto, suponer un aumento de corrección con relación al invierno, manteniéndose, desde luego, las dos mismas zonas de corrección.

APLICACION A LA CORRECCION DE LOS ECO-SONDADORES EN EL MAR DE ALBORAN POR LA VARIACION DE VELOCIDAD DE PROPAGACION DEL SONIDO

INVIERNO

Pasemos ahora a realizar un estudio cuantitativo.

Para ello hemos elegido los siguientes perfiles de invierno: E, D, C y B, de enero de 1948; A, de febrero del mismo año, y G y H, de enero de 1951. En cada uno de ellos se han estudiado aquellas estaciones (ver fig. 7) en que las velocidades medias hasta profundidades standard discrepaban más (a las que corresponden correcciones máxima y mínima).

Tomando en consideración la décima de metro en la corrección, se pueden dividir las estaciones en dos grupos bien marcados, localizados geográficamente en dos zonas: I, de correción inferior, y II. Las velocidades medias hasta niveles standard y correcciones correspondientes se incluyen en el cuadro I (para $V_c = 1.464$ m/seg, $V_c = 1.500$ m/seg y $V_c = 1.463$ m/seg), y el límite de ambas zonas está dibujado (para el mes de enero de 1948) mediante una línea de cruces en la figura 7 y obtenido por interpolación en los distintos perfiles. Adoptamos, sin embargo, por razones antes expuestas, como límites el paralelo de 36° y el meridiano de 3° 10′. Sin embargo, teniendo en cuenta que la décima de grado en la corrección no es de garantía, al forzar, puede, prácticamente, considerarse la región del mar de Alborán como

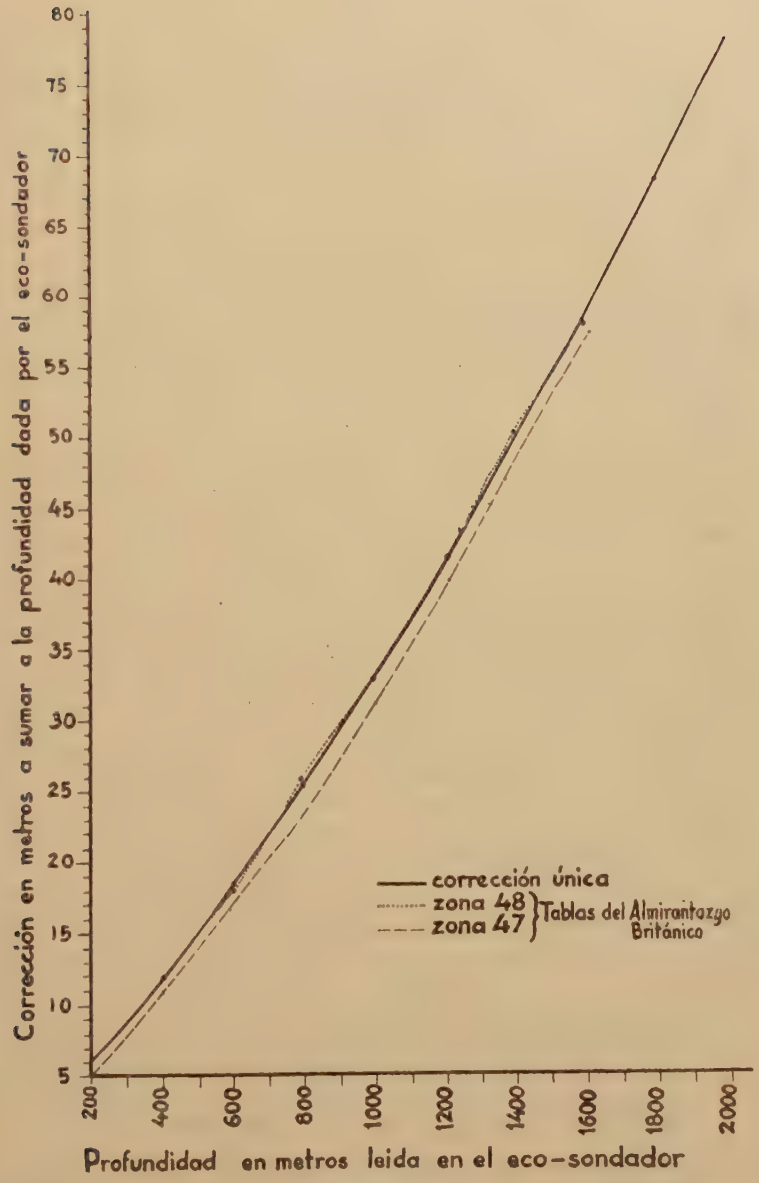

Fig. 8.—Comparación de las correcciones británicas de las zonas 47 y 48 con la corrección única que hemos determinado (para $V_o = 1463$ m/seg.).

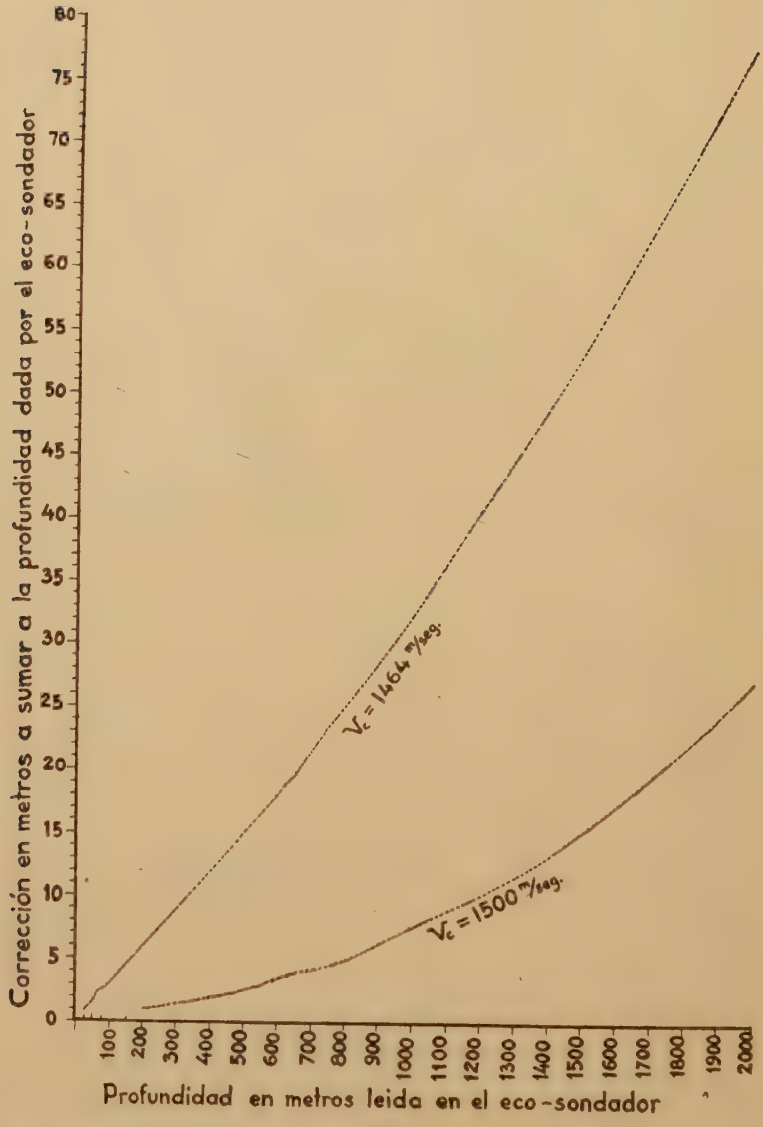

Fig. 9.—Correcciones unificadas, para las dos velocidades indicadas, válidas para todo el Mar de Alborán en cualquier época del año.

isofona, obteniéndose una corrección media C válida para toda ella en invierno e incluida también en el cuadro I.

VERANO

Se han estudiado los perfiles de verano E, D, C y B realizados en julio de 1951 (ver fig. 7), y, siguiendo el mismo criterio que para el

CUADRO I

(*Invierno*)

Prof. en metros	Corrección para $V_c = 1464$			Corrección para $V_c = 1500$			Corrección para $V_c = 1463$		
	Zona I	Zona II	Corr. C	Zona I	Zona II	Corr. C	Zona I	Zona II	Corr. C
25	0.7	0.7	1.0						
50	1.4	1.4	1.5						
75	2.1	2.3	2.0						
100	2.8	3.1	3.0						
150	4.2	4.6	4.5	0.5	0.9	0.5			
200	5 6	6.1	6.0	0.6	1.1	1.0	5.7	6.2	6.0
300	8.4	9.0	9.0	1.0	1.6	1.5			
400	11.4	11.9	11.5	1.5	2.0	2.0	11.7	12.2	12.0
500	14.5	15.0	15.0	2.1	2.6	2.5			
600	17.7	18.2	18.0	2.9	3.4	3.0	18.1	18.6	18.5
800	24.5	25.1	25.0	4.7	5.3	5.0	25.1	25.6	25.5
1000	31.8	32.4	32.0	7.0	7.6	7.5	32.5	33.1	33.0
1200	39.6	40.1	40.0	9.8	10.4	10.0	40.4	41.0	40.5
1400	47.9	48.5	48.0	13.1	13.7	13.5	48.9	49.5	49.0
1600	56.7	57.2	57.0	16.9	17.5	17.0	57.8	58.4	58.0
2000		76.5	76.5		26.6	26.5		77.6	77.5

invierno, se obtuvieron las correcciones de las zonas I y II y la corrección media C. Las zonas I y II tienen la misma localización geográfica que en invierno. Los resultados se incluyen en el cuadro II.

Finalmente, hemos obtenido, a partir de las correcciones C de invierno y verano, una correción única para toda la región del mar de Alborán en estudio y cualquier época del año, que insertamos en el cuadro III y representamos en la figura 9 para $V_c = 1.464$ m/seg y $V_o = 1.500$ m/seg.

CONSECUENCIAS

A la vista de los cuadros I, II y III de tablas de corrección podemos hacer el siguiente resumen:

1.º Comparando entre sí los cuadros I y II, y fijándonos en la corrección C, por ejemplo, para V_c = 1.464 m/seg, resulta que:

La corrección hasta 25 metros es la misma en las dos estaciones del año. Esto se explica por figurar un factor $z = 25$, muy pequeño, en la fórmula [IV] que da la corrección.

CUADRO II

(*Verano*)

Prof. en metros	Corrección para $V_c = 1464$			Corrección para $V_c = 1500$			Corrección para $V_c = 1463$		
	Zona I	Zona II	Corr. C	Zona I	Zona II	Corr. C	Zona I	Zona II	Corr. C
25	1.0	1.0	1.0						
50	1.7	1.7	2.0						
75	2.5	2.7	2.5						
100	3.2	3.5	3.5	0 7	1.0	1.0			
150	4.5	4.9	4.5	0.8	1.2	1.0			
200	5.9	6.5	6.0	0.9	1.5	1.0	6.1	6.6	6 5
300	8.8	9.4	9.0	1.3	2.0	1.5			
400	11.7	12.3	12.0	1.9	2.4	2.0	12.0	12.5	12.0
500	14.8	15.4	15.0	2.5	3.0	3.0			
600	18.1	18.5	18.5	3.2	3.7	3.5	18.5	19.0	18.5
800	24.9	25.3	25.0	5.0	5.5	5.5	25.4	25.9	25.5
1000	32.1	32.6	32.5	7.3	7.9	7.5	32.8	33 3	33.0
1200	39.9	40.4	40.0	10.1	10.6	10.5	40.7	41.2	41.0
1400	48.2	48 6	48.5	13.4	13.9	13.5	49.2	49.6	49.5
1600	56.9	57.4	57.0	17.1	17.6	17.5	58.1	58.5	58.5
2000		76.5	76.5		26.6	26.6		77.9	78.0

La corrección C en la zona comprendida entre los 25 y los 150 metros es superior en verano, como era de prever.

A partir de los 200 metros la corrección es casi la misma en ambas épocas del año.

2.º A nuestro juicio basta adoptar como única corrección, independiente de la situación geográfica y época del año, la incluída en el cuadro III, y representada en la figura 9.

COMPARACIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR OTROS AUTORES

En las tablas inglesas (7) se divide la región del mar de Alborán en dos zonas de corrección (47 y 48) mediante un meridiano aproximadamente coincidente con el perfil B.

La corrección única para todo el mar de Alborán que hemos determinado (cuadro III) es casi idéntica a la correspondiente a la zona de corrección 48; pero en ningún caso hemos encontrado los valo-

res de corrección de la zona 47. Esto puede apreciarse observando la figura 8 en que están representadas las correcciones inglesas de las zonas 47 y 48 junto a la corrección única que hemos obtenido.

Cuadro III

Corrección única para la región del mar de Alborán (independiente de la situación geográfica y época del año)

Prof. en metros	Corrección para $V_c = 1464$	Corrección para $V_c = 1500$	Corrección para $V_c = 1463$
25	1.0		
50	1.5		
75	2.5		
100	3.0		
150	4.5		
200	6.0	1.0	6.0
300	9.0	1.5	
400	12 0	2.0	12.0
500	15.0	2.5	
600	18.0	3.5	18.5
800	25.0	5.0	25.5
1000	32.0	7.5	33 0
1200	40.0	10.0	41.0
1400	48.5	13.5	49.5
1600	57.0	17.0	58.0
2000	76.5	26.5	78.0

ERRATAS OBSERVADAS

En la fig. 6, la curva que no tiene notación numérica corresponde a la estación 6.ª.

En la fig. 7, se han cometido las siguientes erratas:

En el meridiano de 5º 00′ W. y en su intersección con el parelelo de 36º 00′ N., aparece una estación sin indicación de notación y corrección, siendo éstas 8 (v) y 12,0.

Sobre el meridiano de 4º 30′ W. y en la estación 33 (v), se ha omitido el valor de la corrección que es 12,5.

En la estación 50 (v), perteneciente al meridiano de 3º 30′ W., como en el caso anterior, se ha omitido la corrección cuyo valor es de 12,1.

BIBLIOGRAFIA

(1) MARTIN KNUDSEN. *Hydrographic Tables.* Copenhague, 1901-1904.

(2) V. W. EKMAN. *Publications de circonstance,* núms. 43 y 49 del Cons. Perm. Int. pour l'expl. de la mer.

(3) KRUMMEL. *Ozeanographie.* Bd. I, 1907.

(4) A. SCHUMACHER. Hydrographische Bemerkungen und Hilfsmittel zur akustichen Tiefenmessung. Deutsche Seewarte. *Ann. der Hydr.*, abril 1924.

(5) H. MAURER. Das englische echolot. *Ann. der Hydr.*, septiembre 1924.

(6) N. H. HECK y JERRY H. SERVICE. Velocity of sound in sea water. *U. S. Coast and Geodetic Survey,* 1944.

(7) D. J. MATTHEWS, F. I. C. Tables of the velocity of sound in pure water for use in echo-sounding and sound-ranging. H. D. 282. Segunda edición (reimpresa en 1941).

(8) SUSUMU KUWAHARA. Vitesse du son dans l'eau de mer et calcul de cette vitesse dans le sondage par le son. *Rev. Hydrog.*, vol. XVI, núm. 2, noviembre 1939.

(9) Campañas del XAUEN en 1947 y 1948 en el Mar de Alborán y en el Estrecho de Gibraltar. *Boletín del Inst. Esp. de Oceanografía,* núm. 18. Madrid.

(10) Report on the Danish Oceanographical expeditions 1908-1910 to the Mediterranean and adjacent seas. Vol. I. Copenhague, 1912.

29.—Joaquín Gómez de Llarena: «Exploración oceanográfica del Africa Occidental. Observaciones sobre los sedimentos recogidos entre los Cabos Juby y Bojador».

30.—Luis Bellón: «Pesca y utilización del Boquerón y de la Sardina en las costas de Málaga».

31.—José M.ª Navaz: «Contribución al estudio de los Escómbridos de la costa vasca (atún, bonito y melva)».

32.—José M.ª Navaz y Francisco de P. Navarro: «Nuevos datos sobre la sardina y la anchoa de la costa vasca».

33.—R. Fernández y F. de P. Navarro: «Observaciones sobre la sardina de Santander (octubre de 1948 a octubre de 1949)».

34.—Emma Bardán y F. de P. Navarro: «Nuevos datos sobre la sardina de Málaga».

35.—Miguel Massutí, Teresa Valls y F. de P. Navarro: «Nuevas observaciones sobre la sardina y la alacha de Baleares».

36.—Fernando Lozano: «Notas sobre el Bonito del Norte o Albacora [*Germo alalunga* (Gml.)] de Galicia».

37.—Miguel Massutí y Francisco de P. Navarro: «Tintínidos y Copépodos planctónicos del Mar de Alborán (Campaña del «Xauen» en agosto y septiembre de 1948)». (Con una breve necrología del Dr. Massutí).

38.—Campaña del Malaspina en enero de 1950 en aguas del Sáhara, desde Punta Durnford a Cabo Barbas.—Registro de operaciones.

39.—M.ª Dolores García Pineda: «Efectos del lavado previo en la extracción de componentes útiles de las algas pardas».

40.—M.ª Jesús del Val y Dominica Montequi: «Sobre el aislamiento de los componentes glucídicos de las algas pardas».

41.—Buenaventura Andreu: «Consideraciones sobre el comportamiento del ovario de sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) en relación con el proceso de maduración y de freza».

42.—Miguel Oliver: «La sardina de la costa noroeste española en 1948 y 1949 (Estudio biométrico y biológico)».

43.—Rafael López Costa: «Sobre la determinación del nitrógen› nítrico en el agua de mar. I. La resorcina como reactivo de los nitratos».

44.—A. Fernández del Riego: «Determinación del carbónico de los fondos de la Ría de Vigo. Cálculo del carbonato disuelto y consecuencias geobiológicas».

45.—Angeles Alvariño: «Incrustaciones marinas».

46.—J. Aravio-Torre y A. Arévalo: «Estudio de los wolframatos como agentes inhibidores de la corrosión».

47.—R. Margalef: «Estudio sumario del fitoplancton de la Ría de Vigo» (1948-1950).

48.—M. Oliver y M. Massuti: «El raó, *Xyrichthys novacula* (Fam. *Labridae*). Notas biológicas y biométricas.

49.—F. Lozano Cabo: «Nota preliminar sobre la biometría, biología y anatomía general del *Notacanthus bonapartei* Risso».

NOTA.—Pedidos y correspondencia al Sr. Secretario del Instituto Español de Oceanografía, Alcalá, 27. Madrid

IMP. C. BERMEJO.-TEL. 3-06-19